



(11)

**EP 3 554 723 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**30.11.2022 Patentblatt 2022/48**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B07B 1/46** <sup>(2006.01)</sup> **B07B 4/08** <sup>(2006.01)</sup>  
**B07B 13/04** <sup>(2006.01)</sup> **B07B 13/07** <sup>(2006.01)</sup>  
**B07B 13/16** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **17746082.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B07B 13/04; B07B 1/4654; B07B 4/08;**  
**B07B 13/07; B07B 13/16; Y02E 10/546**

(22) Anmeldetag: **28.07.2017**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2017/069199**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2018/108334 (21.06.2018 Gazette 2018/25)**

(54) **VORRICHTUNG ZUM ABSCHIEDEN VOM POLYSILICIUM UND ENTSPRECHENDES VERFAHREN**

SEPARATING DEVICE FOR POLYCRYSTALLINE SILICON

DISPOSITIF DE SÉPARATION POUR DU POLYSILICIUM

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO**  
**PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **WACKERBAUER, Hans-Günther**  
**84453 Mühldorf (DE)**

(30) Priorität: **16.12.2016 DE 102016225248**

(74) Vertreter: **Killinger, Andreas**  
**Siltronic AG**  
**Intellectual Property**  
**Johannes-Hess-Straße 24**  
**84489 Burghausen (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**23.10.2019 Patentblatt 2019/43**

(73) Patentinhaber: **Siltronic AG**  
**81677 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 139 783 EP-A1- 0 139 783**  
**EP-A1- 0 982 081 EP-A1- 0 982 081**  
**EP-A1- 1 043 249 EP-A1- 1 043 249**  
**WO-A2-97/26495 WO-A2-97/26495**  
**DE-A1- 4 307 138 DE-A1- 4 307 138**  
**DE-C- 826 211 DE-C1- 19 822 996**  
**DE-C1- 19 822 996 US-A- 5 819 951**  
**US-A- 5 819 951 US-A1- 2015 090 178**  
**US-A1- 2015 090 178**

(72) Erfinder:  
• **BUSCHHARDT, Thomas**  
**84489 Burghausen (DE)**  
• **EHRENSCHWENDTNER, Simon**  
**84543 Winhöring (DE)**  
• **HINTERBERGER, Thomas**  
**84508 Burgkirchen (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 3 554 723 B1**

## Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist eine Abscheidevorrichtung für Polysilicium.

[0002] Polykristallines Silicium (kurz: Polysilicium) dient als Ausgangsmaterial zur Herstellung von einkristallinem Silicium für Halbleiter nach dem Czochralski(CZ)- oder Zonenschmelz(FZ)-Verfahren, sowie zur Herstellung von ein- oder multikristallinem Silicium nach verschiedenen Zieh- und Gieß-Verfahren zur Produktion von Solarzellen für die Photovoltaik.

[0003] Polykristallines Silicium wird in der Regel mittels des Siemens-Verfahrens hergestellt. Für die meisten Anwendungen werden die derart hergestellten polykristallinen Siliciumstäbe auf kleine Bruchstücke gebrochen, welche üblicherweise anschließend nach Größen klassiert werden. Üblicherweise werden Siebmaschinen eingesetzt, um polykristallines Silicium nach der Zerkleinerung in unterschiedliche Größenklassen zu sortieren bzw. zu klassieren.

[0004] Alternativ wird polykristallines Siliciumgranulat in einem Wirbelschichtreaktor produziert. Das Polysiliciumgranulat wird üblicherweise nach dessen Herstellung mittels einer Siebanlage in zwei oder mehr Fraktionen oder Klassen geteilt (Klassierung).

[0005] Eine Siebmaschine ist allgemein eine Maschine zum Sieben, also der Trennung (Separation) von Feststoffgemischen nach Korngrößen. Nach Bewegungscharakteristik wird zwischen Planschwingsiebmaschinen und Wurfsiebmaschinen unterschieden. Der Antrieb der Siebmaschinen erfolgt meist elektromagnetisch bzw. durch Unwuchtmotoren oder -getriebe. Die Bewegung des Siebbelags dient dem Weitertransport des Aufgabeguts in Sieblängsrichtung und dem Durchtritt der Feinfraktion durch die Sieböffnungen. Im Gegensatz zu Planschwingsiebmaschinen tritt bei Wurfsiebmaschinen neben der horizontalen auch eine vertikale Siebbeschleunigung auf.

[0006] Beim Brechen von Polysilicium, bei dessen Verpackung sowie beim Transport entstehen Staubpartikel und Feinanteile in so signifikanten Mengen, das ohne weitere Aussiebung oder Abscheidung ein Ausbeuteverlust beim Kristallziehen entsteht.

[0007] Daher besteht das Bedürfnis, vor dem Kristallziehen kleine Partikel und Staub vom Polysilicium zu trennen.

[0008] Abtrennvorrichtungen nach dem Stand der Technik wie Stangensiebe neigen aber bei der Feinanteilabtrennung zum Verstopfen. Dies hat zur Folge, dass diese Abtrennvorrichtungen zyklisch gereinigt werden müssen und dadurch keine kontinuierliche, gleichbleibende Trenngenaugkeit erreichen. Zudem erfordert dies Anlagenstillstände und zusätzlichen Aufwand für die Reinigung.

[0009] DE 43 07 138 A1 offenbart eine Abscheidevorrichtung mit wenigstens einer Siebplatte, umfassend einen Aufgabebereich für Polysilicium, einen profilierten V-förmigen Bereich und einer Senke, einen an den profilierten Bereich anschließenden Bereich mit Sieböffnungen, und einen Entnahmebereich, wobei sich die Sieböffnungen in Richtung des Entnahmebereichs aufweiten, und eine unterhalb der Sieböffnungen angeordnete Trennplatte.

[0010] EP 0 982 081 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Klassieren, die zumindest eine Blasevorrichtung (5) und zumindest eine Ablenkvorrichtung (3) aufweist.

[0011] WO 97/26495 A2 offenbart eine Fördereinrichtung aus einem profilierten Trennboden, an dem an dem von der Öffnung des Reststoff-Förderschachtes abgewandten Ende ein Stabrechen angeformt ist. Der Stabrechen deckt eine Austragsöffnung für feine Rückstände ab und endet an einem Auslass für grobe Rückstände.

[0012] EP 0 139 783 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Aufbereiten von Schrott, Abfällen oder dergleichen, z.B. Nichteisenschrott, durch Aufteilen in mindestens zwei Komponenten, bestehend aus mindestens einer gegenüber der Horizontalen geneigt angeordneten Sortierplatte und einer oberhalb der Sortierplatte angeordneten Eingabevorrichtung, von der das aufzubereitende Material im freien Fall auf die Sortierplatte gebracht werden kann, wobei die Sortierplatte mittels mindestens einer Antriebseinheit sowohl horizontal als auch vertikal bewegbar ist.

[0013] DE 826 211 C offenbart eine Vorrichtung zum Sortieren von Obst, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mitnehmerförderband und eine in gleicher Richtung fördernde Wand aus einzelnen umlaufenden Fördermitteln rinnenförmig angeordnet sind und zwischen je zweien dieser Fördermittel eine Durchlassöffnung von bestimmtem Querschnitt vorgesehen ist, wobei die die Förderwand bildenden Fördermittel mit höherer Geschwindigkeit als das Förderband umlaufen

[0014] Aus DE 198 22 996 C1 ist eine Abscheidevorrichtung für langgestreckte Feststoffteile, die einen Schwingboden mit einer Anzahl sich in Förderrichtung erstreckender Längsrillen aufweist, an die sich Sieböffnungen zum Abscheiden der langgestreckten Feststoffteile anschließen, wobei die Rillentiefe der Längsrillen in Förderrichtung abnimmt. Zur Vermeidung von Verstopfungen und zur Gewährleistung eines möglichst flüssigen Feststoffflusses, ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, dass sich die Sieböffnungen in Förderrichtung aufweiten. Auf in der Sieböffnung verklemmte Feststoffteile wird durch den nachfolgenden Feststoff eine Kraft in Förderrichtung ausgeübt. Das verklemmte Feststoffteil kann dabei in Förderrichtung bewegt werden und fällt dann durch die sich erweiternde Sieböffnung.

[0015] US 2015/090178 A1 offenbart eine Abscheidevorrichtung für Polysilicium mit wenigstens einer Siebplatte, umfassend einen Aufgabebereich für Polysilicium, einen profilierten Bereich mit Spitzen und Senken, einen an den profilierten Bereich anschließenden Bereich mit Sieböffnungen, und einen Entnahmebereich, wobei sich die Sieböffnungen in Richtung des Entnahmebereichs aufweiten, und eine unterhalb der Sieböffnungen angeordnete Trennplatte, die horizontal verschiebbar ist.

**[0016]** Allerdings kann durch die in DE 198 22 996 C1 vorgeschlagene Vorrichtung ein möglichst vollständiges Abscheiden von kleinen Siliciumpartikeln und Staub nicht erreicht werden.

**[0017]** Aus der beschriebenen Problematik ergab sich die Aufgabenstellung der Erfindung.

**[0018]** Die Aufgabe der Erfindung wird gemäß Anspruch 1 gelöst durch eine Abscheidevorrichtung für Polysilicium mit wenigstens einer Siebplatte umfassend einen Aufgabebereich für Polysilicium, einen profilierten Bereich mit Spitzen und Senken, einen an den profilierten Bereich anschließenden Bereich mit Sieböffnungen, und einen Entnahmebereich, wobei sich die Sieböffnungen in Richtung des Entnahmebereichs aufweiten, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb der Sieböffnungen eine Trennplatte angeordnet ist, die horizontal verschiebbar ist, um die Position der Trennplatte in Richtung des Entnahmebereichs zu variieren, und die vertikal verschiebbar ist, um den Abstand zu den Sieböffnungen zu variieren.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Siebplatte sieht eine Trennplatte vor, die unterhalb der Sieböffnungen bzw. des Bereiches mit Sieböffnungen angeordnet ist.

**[0020]** Es hat sich gezeigt, dass dies zur Erhöhung der Trennschärfe und zur Gewährleistung einer möglichst gleichbleibenden Abscheiderate erforderlich ist. Durch eine Verschiebung der Trennplatte in Förderrichtung kann die effektive Größe der Sieböffnungen variiert werden. Beispielsweise kann die Trennplatte so angeordnet werden, dass Polysilicium einer Größe von kleiner oder gleich 4 mm durch die Sieböffnung fällt und über die Trennplatte vom restlichen Polysilicium abgetrennt wird.

**[0021]** Außerdem kann die Trennplatte so gegen die Vertikale geneigt sein, dass das abgetrennte Polysilicium in einem Auffangbehälter aufgenommen wird, während größeres Polysilicium zwar ebenfalls durch die Sieböffnungen fällt, jedoch in einen anderen Auffangbehälter aufgenommen wird, der in Förderrichtung hinter der Trennplatte angeordnet ist.

**[0022]** Somit können durch die Siebplatte in Verbindung mit der Trennplatte auch zwei Fraktionen vom aufgegebenen Polysilicium abgetrennt werden.

**[0023]** Durch Variation des vertikalen Abstands der Trennplatte zu den Sieböffnungen kann sichergestellt werden, dass längliche Polysiliciumbruchstücke nicht mit abgetrennt werden.

**[0024]** Die Trennplatte kann also ganz unterschiedliche Funktionen erfüllen.

**[0025]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren, wobei Polysilicium auf die Siebplatte einer erfindungsgemäßen Abscheidevorrichtung aufgegeben wird, die derart in Schwingungen versetzt wird, dass das Polysilicium eine Bewegung in Richtung des Entnahmebereichs ausführt, wobei sich kleinteiliges Polysilicium in den Senken der Siebplatte sammelt und durch die Sieböffnungen der Siebplatte über die Trennplatte in einen Auffangbehälter fällt und dadurch vom aufgegebenen Polysilicium getrennt wird, wobei das aufgegebene Polysilicium ohne das abgetrennte kleinteilige Polysilicium weiterverarbeitet wird.

**[0026]** Die Position und Höhe der Trennplatte wird in einer Ausführungsform abhängig davon gewählt, wie stark das Polysilicium in Schwingungen versetzt wurde. Die Trennplatte hat bevorzugt einen Abstand zur Siebstrecke von 5 mm bis 20 mm, besonders bevorzugt ist ein Abstand von 1 mm bis 5 mm.

**[0027]** Unter kleinteiligem Polysilicium ist eine Teilmenge aus der aufgegebenen Menge an Polysilicium zu verstehen, die mittels der Siebanlage abgetrennt werden soll. Das kleinteilige Polysilicium entspricht also der abzutrennenden Fraktion.

**[0028]** Nachfolgend sollen unter kleinteiligem Polysilicium polykristalline Bruchstücke verstanden werden, deren längste Entfernung zweier Punkte auf der Oberfläche eines Siliciumbruchstücks (=max. Länge) kleiner oder gleich 4 mm beträgt. Dies soll auch Feinanteil, kleine Siliciumpartikel und Siliciumstaub (Größe kleiner oder gleich 100 µm) umfassen.

**[0029]** Die Siebplatte umfasst einen Aufgabebereich, in dem das Polysilicium aufgegeben wird.

**[0030]** In einer Ausführungsform wird das Polysilicium mittels einer Förderrinne zur Siebanlage befördert und an den Aufgabebereich der Siebplatte abgegeben.

**[0031]** Die Siebplatte umfasst zudem einen profilierten Bereich mit Rillen oder Nuten oder allgemein Vertiefungen und Erhebungen, so dass der profilierte Bereich Senken und Spitzen aufweist.

**[0032]** Während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich sammeln sich kleine Bruchstücke oder kleine Siliciumpartikel (klein in Bezug auf die Zielfraktion) oder Feinanteil in den Senken des profilierten Bereichs.

**[0033]** Die Siebplatte umfasst - an den profilierten Bereich anschließend - einen Bereich mit Sieböffnungen. Die Sieböffnungen sind in Förderrichtung unmittelbar hinter den Senken des profilierten Bereichs angeordnet. Dadurch werden die in den Senken des profilierten Bereichs befindlichen Feinanteile des Polysiliciums gezielt zu den Sieböffnungen geführt.

**[0034]** In einer Ausführungsform setzen sich die Spitzen des profilierten Bereichs auch in den Bereich mit Sieböffnungen fort, so dass die gesamte Siebplatte profiliert ist, wobei die Siebplatte jedoch an seinem in Förderrichtung hinteren Ende Sieböffnungen statt Senken aufweist.

**[0035]** Dabei kann hinsichtlich Querschnitt und Winkel das Profil des profilierten Bereichs vom Profil im Bereich der Sieböffnungen abweichen. Letzteres kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn die Siebstrecke oder die mit dem Polysilicium in Berührung kommenden Teile der Siebstrecke aus Kunststoff bestehen.

**[0036]** Die Abtrennung des Feinanteils oder kleiner Bruchstücke/Partikel erfolgt somit über die Sieböffnungen der

Siebplatte in Verbindung mit der Trennplatte.

**[0037]** In einer Ausführungsform werden die abgetrennten Feianteile oder kleinen Bruchstücke/Partikel durch einen unterhalb der Sieböffnungen der Siebplatte angeordneten Auffangbehälter aufgenommen.

**[0038]** Größere Bruchstücke werden im profilierten Bereich über die Spitzen zum Entnahmebereich geführt.

**[0039]** In einer Ausführungsform ist der Entnahmebereich mit einer Förderrinne verbunden, über die die größeren Bruchstücke abgeführt werden. Ebenso kann sich eine weitere Siebplatte anschließen, um eine weitere Fraktion vom Polysilicium abzutrennen.

**[0040]** Die Erfindung sieht also eine Siebplatte vor, die in allen Arten von Siebanlagen eingesetzt werden kann, bei welcher sich im ersten Bereich der Siebplatte der Feianteil oder kleinteiliges Silicium in Senken sammelt und im letzten Bereich der Siebplatte gezielt durch sich weitende Sieböffnungen abgetrennt wird.

**[0041]** Die Ausführung des profilierten Bereichs der Siebplatte ist abhängig von der abzutrennenden Fraktion. Tiefe und Winkel der Senken des profilierten Bereichs sind so auszugestalten, dass sich die abzutrennende Fraktion, also z. B. der Feianteil dort sammelt.

**[0042]** Bei der Erfindung handelt sich also um eine Siebstrecke, bei welcher sich im ersten Bereich der Vorrichtung der Feianteil in Senken sammelt und im letzten Bereich der Vorrichtung gezielt durch sich weitenden Sieböffnungen abgetrennt wird. Somit wird dem Siebschlitz nicht die ganze Fraktion zugeführt.

**[0043]** Die Abtrennvorrichtung besteht im Wesentlichen aus einer Siebstrecke welche in zwei Bereiche eingeteilt werden kann. Der erste Bereich ist der Einlaufbereich. In diesem Bereich sammelt sich der Feianteil in den Senken und wird somit gezielt den Sieböffnungen (welche sich im zweiten Bereich, am Ende der Siebstrecke befinden) zugeführt. Der Trennschnitt für die Abtrennung erfolgt im zweiten Bereich der Siebstrecke über dort eingebrachte Sieböffnungen welche sich in Förderrichtung weiten. Durch diese Sieböffnungen erfolgt die Abtrennung der gewollten Si-Fraktion bzw. des Feianteils. Dadurch dass sich die Sieböffnungen in Förderrichtung weiten neigt dieses System nicht zum Verstopfen.

**[0044]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung erstrecken sich die Sieböffnungen bis zu dem in Förderrichtung gelegenen Ende der Abscheidevorrichtung. Die Sieböffnungen sind daher zum Ende hin offen ausgebildet. Dies ist ein wesentliches Merkmal, um sicherzustellen, dass sich in der Abscheidevorrichtung keine Siliciumbruchstücke ansammeln oder die Sieböffnung verblockt.

**[0045]** Die Sieböffnungen haben bevorzugt einen Öffnungswinkel von 1 bis 20° und besonders bevorzugt von 5-15°.

**[0046]** Die Sieböffnungen haben bevorzugt eine Länge von 5 mm bis 50mm besonders bevorzugt eine Länge von 20 bis 40mm.

**[0047]** Zur Vermeidung von Verstopfungen ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung vorgesehen, dass sich die Sieböffnungen am Ende in Förderrichtung weiter aufweiten.

**[0048]** Der Öffnungswinkel dieser zweiten Aufweitung beträgt vorzugsweise 40- 150°, besonders bevorzugt sind 60 bis 120°.

**[0049]** In einer Ausführungsform lässt sich der Winkel der Sieböffnungen durch geeignete Vorrichtungen verändern. Beispielsweise können dazu Elemente aus einem elastischen Material verwendet werden. Es hat sich gezeigt, dass dies zur Vermeidung von Steckkorn vorteilhaft ist.

**[0050]** Bei der Abscheidevorrichtung ist in einer bevorzugten Ausführungsform eine Absaugung unterhalb der Sieböffnungen angebracht, die so positioniert ist, dass die Absaugung bevorzugt zwischen Anfang der Sieböffnungen und der Trennplatte sich befindet.

**[0051]** Die Absaugung hat bevorzugt einen Abstand zur unteren Siebplatte von 1mm bis 50 mm, besonders bevorzugt ist ein Abstand von 5mm bis 20 mm.

**[0052]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Abscheidung ist die Installation eines Gasstromes oberhalb der Sieböffnungen.

**[0053]** Diese umfasst eine oder mehrere Gasdüsen, welche auf die Sieböffnungen gerichtet sind.

**[0054]** Je nach Konfiguration der Gasdüsen kann der Gasstrahl eher weich oder hart ausfallen.

**[0055]** Ein weicher Strahl eignet sich dabei bevorzugt zur Unterstützung der Abscheidung vom Staub. Ein harter Strahl eignet sich hingegen bevorzugt zur Abscheidung von den kleineren Polysiliciumbruchstücken, 0,1mm bis 4mm. Der Gasstrom kann auch als Laminarfluss ausgebildet werden.

**[0056]** Als Gase kommen Reinraumluft nach DIN EN ISO 14644-1 (ISO1 bis ISO6), saubere Trockenluft, Stickstoff und Argon in Betracht.

**[0057]** Der Gasstrom ist bevorzugt zwischen Anfang der Sieböffnungen und der Trennplatte zu positionieren.

**[0058]** In einer Ausführungsform ist der Entnahmebereich mit einer Förderrinne verbunden, über die die größeren Bruchstücke abgeführt werden. Ebenso kann sich eine weitere Siebplatte anschließend, um eine weitere Fraktion vom Polysilicium abzutrennen.

**[0059]** In einer Ausführungsform besteht die Siebstrecke aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff, Silicium oder Metall, Metall mit Quarzglas ausgekleidet und Metall mit Silicium ausgekleidet

**[0060]** In einer Ausführungsform ist die Siebstrecke mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe

bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium ausgekleidet oder beschichtet.

**[0061]** In einer Ausführungsform sind die mit dem Polysilicium in Berührung kommenden Teile der Siebstrecke mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium ausgekleidet oder beschichtet.

**[0062]** In einer Ausführungsform umfasst die Siebstrecke einen metallischen Grundkörper sowie eine Beschichtung oder Auskleidung aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kunststoff, Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium.

**[0063]** In einer Ausführungsform umfasst die Siebstrecke einen aus Kunststoff bestehenden Grundkörper sowie eine Beschichtung oder Auskleidung aus einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Keramik, Glas, Diamant, amorpher Kohlenstoff und Silicium.

**[0064]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird der bei den zuvor genannten Ausführungen verwendete Kunststoff ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus PVC (Polyvinylchlorid), PP (Polypropylen), PE (Polyethylen), PU (Polyurethan), PFA (Perfluoralkoxy), PVDF (Polyvinylidenfluorid) und PTFE (Polytetrafluorethylen).

**[0065]** In einer Ausführungsform umfasst die Siebstrecke eine Beschichtung aus Titannitrid, Titancarbid, Aluminiumtitannitrid, DLC (Diamond Like Carbon), Siliciumcarbid, nitridgebundenes Siliciumcarbid oder Wolframcarbid.

**[0066]** Bevorzugt können über diese Siebvorrichtung die Bruchgrößen (BG) 1, 2, 3 eingesetzt werden. Typischerweise haben diese Bruchgrößen folgende Abmessungen.

|              |              |
|--------------|--------------|
| Bruchgröße 1 | 3 bis 15 mm  |
| Bruchgröße 2 | 10 bis 40 mm |
| Bruchgröße 3 | 20 bis 60 mm |

**[0067]** Typischerweise weisen die einzelnen Bruchgrößenklassen kleine und größere Bruchstücke auf. Der Anteil von größeren und kleineren Bruchstücken kann jeweils bis zu 5 % betragen.

**[0068]** Insbesondere eignet sich die Siebvorrichtung zur Abscheidung von kleinen Polysiliciumstücken, die etwa einen Durchmesser von 0,05 bis 2 mm sowie typischerweise eine Länge von bis zu 4 mm aufweisen.

**[0069]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Abscheidevorrichtung einen Trichter für das Aufgeben vom Polysiliciummaterial, zwei Fördereinheiten und zwei Siebstrecken, wobei nach jeder Fördereinheit eine Siebstrecke folgt. Dabei bildet eine Fördereinheit und eine Siebstrecke eine Einheit. Die erste Einheit wird als Einheit 1 und die zweite Einheit als Einheit 2 bezeichnet. Die Fördermenge von Polysilicium in kg/min kann für jede Einheit separat eingestellt werden. Vorzugsweise ist die Fördermenge der Einheit 1 gleich der Einheit 2.

**[0070]** Besonders bevorzugt ist die Fördermenge der Einheit 1 kleiner als die Fördermenge der Einheit 2, weil sich dadurch eine Vereinzelung der Polysiliciumbruchstücke auf der Einheit 2 einstellen kann mit dem Ergebnis, dass die kleinen Polysiliciumbruchstücke und der Staub besser abgeschieden werden können.

**[0071]** Natürlich können auch noch mehrere Einheiten hintereinander angebracht werden.

**[0072]** Durch eine solche Maßnahme verbessert sich die Abscheidung kleiner Polysiliciumstücke und von Staub.

**[0073]** Am Ende der letzten Siebstrecke befindet sich ein Entnahmebereich.

**[0074]** Der Entnahmebereich ist so gestaltet, dass das Polysiliciummaterial in den vorgesehen Behälter hineingleitet.

**[0075]** Dieser Entnahmebereich kann ebenfalls in Schwingung gebracht werden, damit sichergestellt ist, dass kein Polysiliciummaterial liegen bleibt.

**[0076]** Der Winkel von diesem Auslass beträgt vorzugsweise 5 bis 45° und besonders bevorzugt 15 bis 25°.

**[0077]** Es kommt zu keinem Verstopfen des Siebes womit eine gleichbleibende Absiebqualität erreicht wird. Dadurch entfallen die Reinigungsschritte (steigende Anlagenlaufzeiten, sinkende Personalkosten). Ebenso ist die Trenngenauigkeit deutlich höher als bei Stangensieben womit deutlich weniger Fehlkorn abgetrennt. Die bezüglich der vorstehend aufgeführten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens angegebenen Merkmale können entsprechend auf die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragen werden. Umgekehrt können die bezüglich der vorstehend ausgeführten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung angegebenen Merkmale entsprechend auf das erfindungsgemäße Verfahren übertragen werden.

## Kurzbeschreibung der Figuren

**[0078]**

**Fig. 1** zeigt den schematischen Aufbau einer Siebplatte einer erfindungsgemäßen Abscheidevorrichtung.

**Fig. 2** zeigt schematisch eine Abscheidevorrichtung mit Absaugung und Trennplatte.

**Fig. 3** zeigt schematisch eine Abscheidevorrichtung mit Absaugung und Gasstrom.

## Liste der verwendeten Bezugszeichen

## [0079]

- 5     **1**     Siebplatte
- 2**     Aufgabebereich
- 3**     Profilierte Bereich der Siebplatte
- 31**    Senken des profilierten Bereichs
- 32**    Spitzen des profilierten Bereichs
- 10    **4**     Bereich mit Sieböffnungen
- 41**    Sieböffnung mit Öffnungswinkel  $\alpha_1$
- 5**     Entnahmebereich
- 6**     Aufweitung mit Öffnungswinkel  $\alpha_2$
- 7**     Trennplatte
- 15    **8**     Absaugung
- 9**     Zuführung Gasstrom

[0080] Die Siebplatte **1** umfasst einen Aufgabebereich **2**, in dem das Polysilicium aufgegeben wird. Das Polysilicium kann beispielsweise mittels einer Förderrinne zur Siebanlage befördert und an den Aufgabebereich **2** der Siebplatte **1** abgegeben werden.

[0081] Die Siebplatte **1** umfasst zudem einen profilierten Bereich **3**. Dieser profilierte Bereich **3** sieht Rillen oder Nuten oder Vertiefungen anderer Art vor, so dass der profilierte Bereich **3** Senken **31** und Spitzen **32** aufweist.

[0082] Der im Polysilicium enthaltene Feinanteil sammelt sich während der Bewegung des Polysiliciums auf dem profilierten Bereich **3** in den Senken **31** des profilierten Bereichs **3**.

25 [0083] Die Siebplatte **1** umfasst - an den profilierten Bereich **3** anschließend - einen Bereich **4** mit Sieböffnungen **41**. Die Sieböffnungen **41** sind unmittelbar hinter (In Förderrichtung) den Senken **31** des profilierten Bereichs **3** angeordnet. Dadurch werden die in den Senken **31** des profilierten Bereichs **3** befindlichen Feinanteile des Polysiliciums gezielt zu den Sieböffnungen **41** des Bereichs **4** geführt.

30 [0084] Die Spitzen **32** des profilierten Bereichs **3** setzen sich vorzugsweise auch im Bereich **4** fort, so dass die gesamte Siebplatte **1** profiliert ist, jedoch im Bereich **4** statt Senken **31** Sieböffnungen **41** aufweist.

[0085] Die Abtrennung des Feinanteils erfolgt somit über die Sieböffnungen **41** der Siebplatte **1**. Die abgetrennten Feinanteile können beispielsweise durch einen unterhalb der Sieböffnungen **41** der Siebplatte **1** angeordneten Auffangbehälter aufgenommen werden.

[0086] Größere Bruchstücke werden im profilierten Bereich über die Spitzen **32** zum Entnahmebereich **5** geführt.

35 [0087] Die Sieböffnungen **41** weiten sich in Förderrichtung um einen Öffnungswinkel  $\alpha_1$ . Die Sieböffnungen **41** weisen am Ende des Bereichs **4** eine weitere Aufweitung **6** auf, gekennzeichnet durch einen Öffnungswinkel  $\alpha_2$ .

[0088] Bei der Abscheidevorrichtung ist in einer bevorzugten Ausführungsform eine Absaugung **8** unterhalb der Sieböffnungen **41** angebracht, die so positioniert ist, dass sich die Absaugung **8** bevorzugt zwischen Anfang der Sieböffnungen **41** und der Trennplatte **7** befindet.

40 [0089] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Abscheidung ist die Installation eines Gasstromes **9** oberhalb der Sieböffnungen **41**.

## Beispiele

45 [0090] Das vom Polysiliziumhersteller im Beutel angelieferte Polysiliziummaterial enthält auch kleinere Bruchstücke und Feinmaterialien. Das Feinmaterial, insbesondere mit Korngrößen kleiner als 4 mm, hat einen negativen Einfluss auf den Ziehprozess und muss aus diesem Grund vor der Verwendung entfernt werden. Für den Test wurde die Polybruchgröße 2 eingesetzt.

50 [0091] Das für den Test verwendete Polysiliziummaterial mit Polybruchgrößen 2 wurde mit einem Analysesieb (DIN ISO 3310-2) mit einer Nennlochweite  $W = 4\text{ mm}$  (Quadratlochung) abgesiebt und für die Tests zur Verfügung gestellt. Das abgetrennte Feinmaterial wurde aufgefangen und verwogen.

[0092] Auf einer Fördereinheit wurden 10 kg Testpolysiliziummaterial von der Bruchgröße 2 (ohne Feinmaterial < 4 mm) gegeben. Das Aufgeben des Testpolysiliziummaterials wird bevorzugt über einen Trichter vorgenommen. Der zu befüllende Behälter wird am Ende der Siebstrecke über der ersten Fördereinheit positioniert, so dass das Testpolysiliziummaterial in den Behälter ohne Probleme gefördert werden kann.

55 [0093] Das im Vorfeld für den Test abgetrennte Feinmaterial wird für diesen Test verwendet. Beim Befüllen der Fördereinheit werden jeweils nach 2 kg Testpolymaterial 2g abgetrenntes Feinmaterial zugegeben, so dass am Ende in Summe 10g Feinmaterial für diesen Test zugegeben wurde.

## EP 3 554 723 B1

[0094] Danach wurden die Fördereinheit und die Siebstrecke gestartet. Die Fördermenge wurde vor dem Test auf 3kg +/- 0,5kg pro Minute eingestellt. Das entfernte Feinmaterial wurde aufgefangen und zurückgewogen. Pro Einstellung wurden die Versuche fünfmal vorgenommen.

[0095] **Tabelle 1** zeigt die mittleren Ergebnisse:

### Test 1

[0096] Hierfür wurde eine Fördereinheit plus eine Siebstrecke ohne Absaugung und ohne Gasstrom von oben verwendet.

### Test 2

[0097] Hierfür wurde eine Fördereinheit plus eine Siebstrecke mit Absaugung, aber ohne Gasstrom von oben verwendet.

### Test 3

[0098] Hierfür wurde eine Fördereinheit plus eine Siebstrecke mit Absaugung und mit einem Gasstrom von oben verwendet.

### Test 4

[0099] Hierfür wurden zwei Fördereinheiten plus zwei Siebstrecken ohne Absaugung und ohne Gasstrom von oben verwendet, wobei nach jeder Fördereinheit eine Siebstrecke folgte.

### Test 5

[0100] Hierfür wurden zwei Fördereinheiten plus zwei Siebstrecken mit Absaugung und ohne Gasstrom von oben verwendet, wobei nach jeder Fördereinheit eine Siebstrecke folgte-

**Tabelle 1**

| Test | Polymenge BG2 in kg | Zugabe Feinmaterial in g | Entferntes Feinmaterial in g | Entfernungsrate in % |
|------|---------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|
| 1    | 10                  | 10                       | 8,3                          | 83                   |
| 2    | 10                  | 10                       | 9,0                          | 90                   |
| 3    | 10                  | 10                       | 9,1                          | 91                   |
| 4    | 10                  | 10                       | 9,1                          | 91                   |
| 5    | 10                  | 10                       | 9,6                          | 96                   |

[0101] Die Ergebnisse zeigen, dass die Verwendung von Absaugung und Gasstrom von oben zu einer Verbesserung der Entfernungsrate um 8% führen.

[0102] Eine weitere Verbesserung der Entfernungsrate ist möglich, wenn zwei Siebstrecken zum Einsatz kommen und eine Absaugung vorgesehen ist.

[0103] In einer Ausführungsform umfasst die Abscheidevorrichtung daher zwei Siebplatten, umfassend jeweils einen Aufgabebereich für Polysilicium, einen profilierten Bereich mit Spitzen und Senken, einen an den profilierten Bereich anschließenden Bereich mit Sieböffnungen, und einen Entnahmebereich, wobei sich die Sieböffnungen in Richtung des Entnahmebereichs aufweiten, und eine unterhalb der Sieböffnungen angeordnete Trennplatte, die horizontal und vertikal verschiebbar ist, sowie eine Absaugung unterhalb der Sieböffnungen. Der Entnahmebereich der ersten Siebplatte schließt an den Aufgabebereich der zweiten Siebplatte an, d.h. Polysilicium, das in der ersten Siebstrecke nicht abgetrennt wurde, wird auf die zweite Siebstrecke gegeben. Bei beiden Siebstrecken sind Absaugungen unterhalb der Sieböffnungen vorgesehen.

[0104] Die vorstehende Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen ist exemplarisch zu verstehen. Die damit erfolgte Offenbarung ermöglicht es dem Fachmann einerseits, die vorliegende Erfindung und die damit verbundenen Vorteile zu verstehen, und umfasst andererseits im Verständnis des Fachmanns auch offensichtliche Abänderungen und Modifikationen der beschriebenen Strukturen und Verfahren.

[0105] Der Schutzbereich der Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche begrenzt.

## Patentansprüche

1. Abscheidevorrichtung für Polysilicium mit wenigstens einer Siebplatte (1), umfassend einen Aufgabebereich (2) für Polysilicium, einen profilierten Bereich (3) mit Spitzen (32) und Senken (31), einen an den profilierten Bereich (3) anschließenden Bereich (4) mit Sieböffnungen (41), und einen Entnahmebereich (5), wobei sich die Sieböffnungen (41) in Richtung des Entnahmebereichs (5) aufweiten, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterhalb der Sieböffnungen eine Trennplatte (7) angeordnet ist, die horizontal verschiebbar ist, um die Position der Trennplatte in Richtung des Entnahmebereichs zu variieren, und die vertikal verschiebbar ist, um den Abstand zu den Sieböffnungen zu variieren.
2. Abscheidevorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Öffnungswinkel der Aufweitung der Sieböffnungen (41) größer oder gleich 1° und kleiner oder gleich 20° beträgt.
3. Abscheidevorrichtung nach Anspruch 2, wobei ein Öffnungswinkel der Aufweitung der Sieböffnungen (41) größer oder gleich 5° und kleiner oder gleich 15° beträgt.
4. Abscheidevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Sieböffnungen (41) eine Länge von 5 mm bis 50 mm aufweisen.
5. Abscheidevorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Sieböffnungen (41) eine Länge von 20 mm bis 40 mm aufweisen.
6. Abscheidevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei sich die Sieböffnungen (41) in Richtung des Entnahmebereichs nach einer ersten Aufweitung ein zweites Mal aufweiten, wobei ein Öffnungswinkel dieser zweiten Aufweitung 40- 150° beträgt.
7. Abscheidevorrichtung nach Anspruch 6, wobei ein Öffnungswinkel der zweiten Aufweitung 60 bis 120° beträgt.
8. Abscheidevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend eine Absaugung (8) unterhalb der Sieböffnungen (41).
9. Abscheidevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend eine Vorrichtung, um einen Gasstrom (9) von oben auf die Sieböffnungen (41) zu richten.
10. Verfahren, wobei Polysilicium auf die Siebplatte (1) einer Abscheidevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufgegeben wird, die derart in Schwingungen versetzt wird, dass das Polysilicium eine Bewegung in Richtung des Entnahmebereichs (5) ausführt, wobei sich kleinteiliges Polysilicium in den Senken (31) der Siebplatte (1) sammelt und durch die Sieböffnungen (41) der Siebplatte (1) über die Trennplatte (7) in einen Auffangbehälter fällt und dadurch vom aufgegebenen Polysilicium getrennt wird, wobei das aufgegebene Polysilicium ohne das abgetrennte kleinteilige Polysilicium weiterverarbeitet wird.

## Claims

1. Separating apparatus for polysilicon with at least one screen plate (1), comprising a feed area (2) for polysilicon, a profiled area (3) with peaks (32) and depressions (31), a region (4) adjoining the profiled region (3) and having sieve openings (41), and a removal region (5), the sieve openings (41) widening in the direction of the removal region (5), **characterized in that** a separating plate (7) is arranged below the sieve openings, which separating plate (7) can be displaced horizontally in order to adjust the position of the separating plate in the direction of the removal area, and which can be moved vertically to vary the distance to the screen openings.
2. The separating apparatus of claim 1, wherein an opening angle of the widening of the screen openings (41) is greater than or equal to 1° and less than or equal to 20°.
3. The separating apparatus of claim 2, wherein an opening angle of the widening of the screen openings (41) is greater than or equal to 5° and less than or equal to 15°.



4. The separating apparatus according to any one of claims 1 to 3, wherein said screen openings are (41) have a length of 5 mm to 50 mm.
5. The separating apparatus according to claim 4, wherein the screen openings (41) have a length of 20 mm to 40 mm.
6. The separating apparatus according to any one of claims 1 to 5, wherein the screen openings (41) widen a second time in the direction of the removal region after a first widening, wherein an opening angle of this second widening is 40- 150°.
7. The separating apparatus according to claim 6, wherein an opening angle of the second expansion is 60 to 120°.
8. The separating apparatus according to any one of claims 1 to 7, comprising a suction device (8) below the screen openings (41).
9. The separating apparatus according to any one of claims 1 to 8, comprising means for directing a gas stream (9) from above onto the screen openings (41).
10. A method wherein polysilicon is applied to the screen plate (1) of a separating apparatus according to any one of claims 1 to 9, which is vibrated such that the polysilicon is caused to move in the direction of the removal region (5), whereby small-particle polysilicon collects in the depressions (31) of the screen plate (1) and falls through the screen openings (41) of the screen plate (1) via the separating plate (7) into a collecting container and is thereby separated from the fed polysilicon, whereby the fed polysilicon is further processed without the separated small-particle polysilicon.

## Revendications

1. Appareil de séparation pour le polysilicium avec au moins une plaque de tamisage (1), comprenant une zone d'alimentation (2) pour le polysilicium, une zone profilée (3) avec des crêtes (32) et des creux (31), une zone (4) adjacente à la zone profilée (3) et présentant des ouvertures de tamisage (41), et une zone de prélèvement (5), les ouvertures de tamisage (41) s'élargissant en direction de la zone de prélèvement (5), **caractérisé en ce qu'une** plaque de séparation (7) est disposée sous les ouvertures de tamisage, laquelle plaque de séparation (7) peut être déplacée horizontalement afin de régler la position de la zone profilée (3). plaque de séparation dans la direction de la zone d'enlèvement, et qui peut être déplacée verticalement pour faire varier la distance aux ouvertures du tamis.
2. Appareil de séparation de la revendication 1, dans lequel un angle d'ouverture de l'élargissement des ouvertures de tamis (41) est supérieur ou égal à 1° et inférieur ou égal à 20°.
3. Appareil de séparation selon la revendication 2, dans lequel un angle d'ouverture de l'élargissement des ouvertures du tamis (41) est supérieur ou égal à 5° et inférieur ou égal à 15°.
4. Appareil de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel lesdites ouvertures de tamisage sont (41) ont une longueur de 5 mm à 50 mm.
5. Appareil de séparation selon la revendication 4, dans lequel les ouvertures du tamis (41) ont une longueur de 20 mm à 40 mm.
6. Appareil de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les ouvertures du tamis (41) s'élargissent une deuxième fois en direction de la zone de prélèvement après un premier élargissement, dans lequel un angle d'ouverture de ce deuxième élargissement est de 40 à 150°.
7. Appareil de séparation selon la revendication 6, dans lequel un angle d'ouverture de la seconde expansion est de 60 à 120°.
8. Appareil de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant un dispositif d'aspiration (8) sous les ouvertures du tamis (41).
9. Appareil de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant des moyens pour diriger un

courant gazeux (9) depuis le haut sur les ouvertures du tamis (41).

10. Procédé dans lequel du polysilicium est appliqué sur la plaque de tamisage (1) d'un appareil de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, qui est mise en vibration de telle sorte que le polysilicium soit amené à se déplacer dans la direction de l'axe de rotation. une zone d'enlèvement (5), dans laquelle du polysilicium en petites particules s'accumule dans les creux (31) de la plaque de tamisage (1) et tombe à travers les ouvertures de tamisage (41) de la plaque de tamisage (1) via la plaque de séparation (7) dans un récipient collecteur et est ainsi séparé du polysilicium d'alimentation, le polysilicium d'alimentation étant ensuite traité sans le polysilicium en petites particules séparé.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

**Fig. 1**

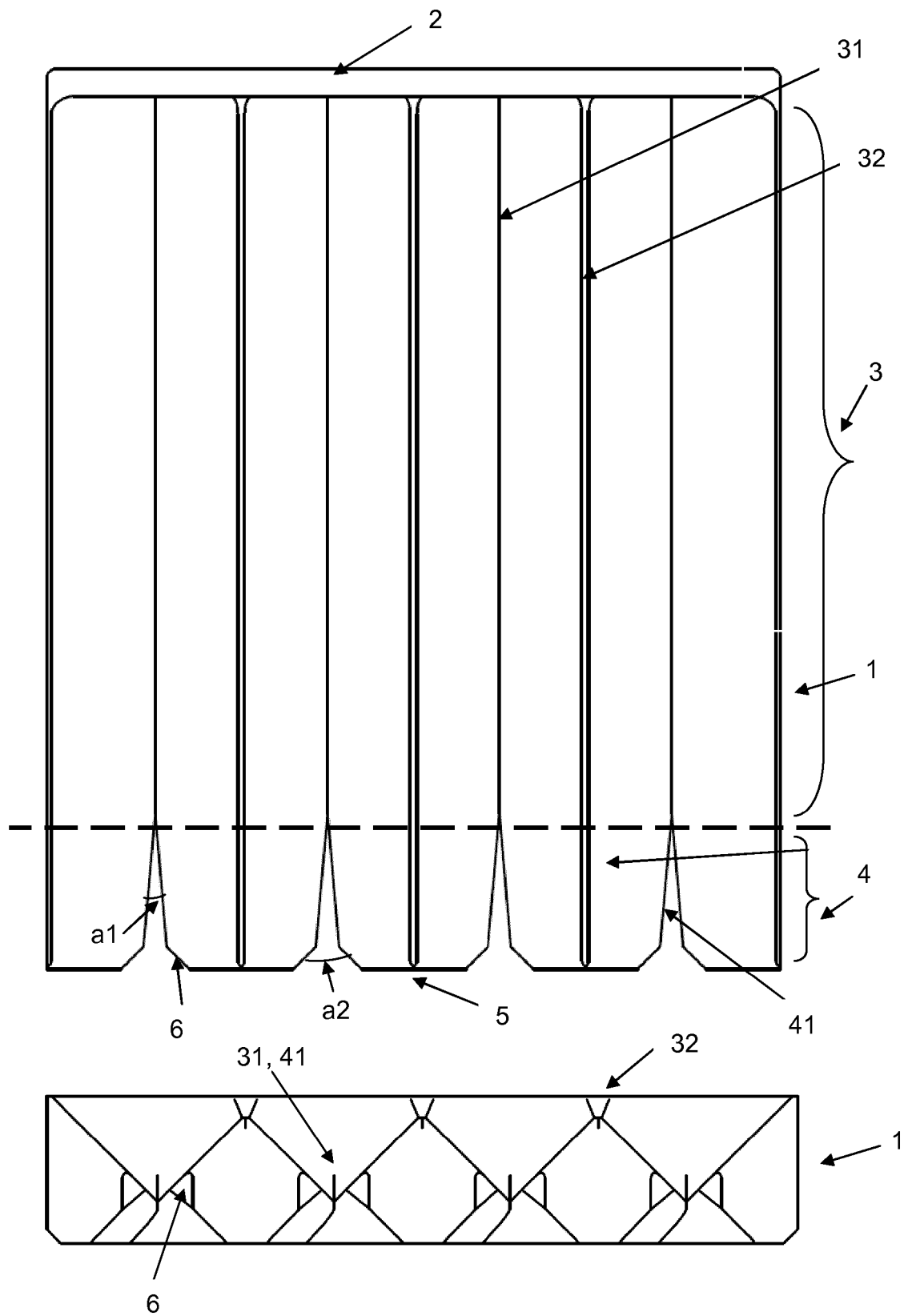


Fig. 2

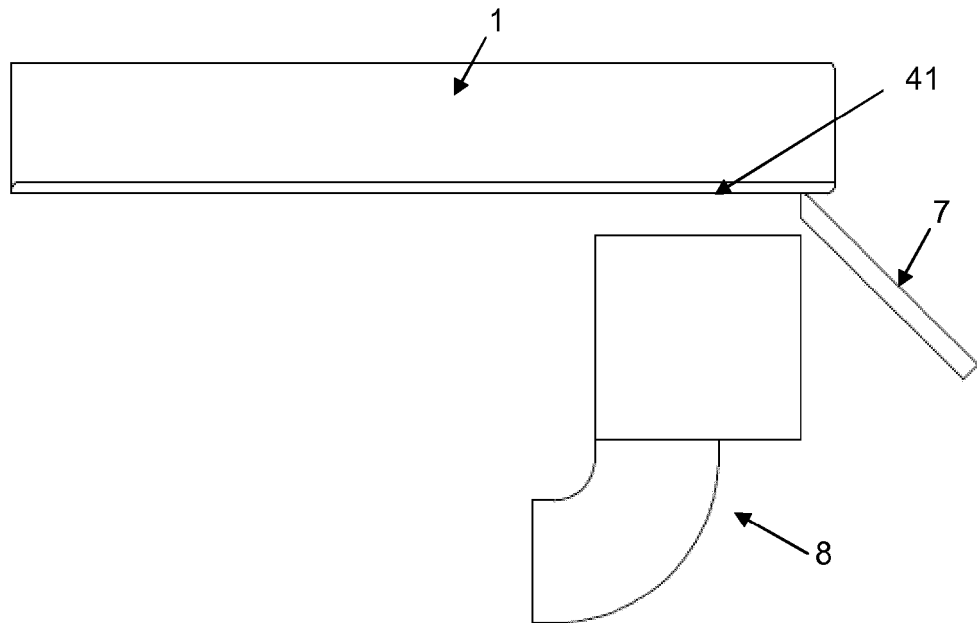
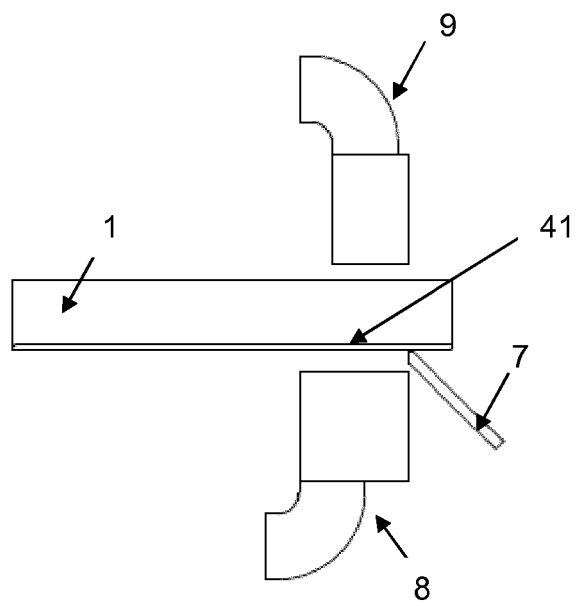


Fig. 3



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4307138 A1 [0009]
- EP 0982081 A1 [0010]
- WO 9726495 A2 [0011]
- EP 0139783 A1 [0012]
- DE 826211 C [0013]
- DE 19822996 C1 [0014] [0016]
- US 2015090178 A1 [0015]